第 44 卷 第 2 期
2001 年 5 月

昆 虫 学 报
ACTA ENTOMOLOGICA SINICA

Vol.44，No.2
May，2001

三种乔木落叶分解过程中跳虫群落结构的演替

柯 欣，赵立军，尹文英
（中国科学院上海昆虫研究所，上海 200025）

摘要：1993 到 1995 年，用落叶袋法研究跳虫群落在青冈 *Cyclobalanopsis glauca*、马尾松 *Pinus massoniana* 和麻栎 *Quercus acutissima* 3 种乔木落叶分解过程中的演替变化。青冈落叶分解经淋洗、养分固定和养分活化 3 个阶段，马尾松和麻栎没有出现阶段性变化。青冈落叶中跳虫个体数和多样性指数均高于马尾松和麻栎落叶中的相应值。跳虫在落叶分解过程中的集聚型分为 3 组：A 组为落叶分解前期集聚的种类，B 组为后期的种类，C 组为中期或全过程的种类。3 种乔木在 A 组中共有的种类为鳞䖴 *Tomocerus* sp.、等节䖴 *Isotoma* sp. 和杭州刺齿䖴 *Homidia hangzhouensis*；B 组共有种类为八眼符䖴 *Folsomia octoculata*、拟裸长角䖴 *Pseudosinella* sp. 和类符䖴 *Folsomina onychiurina*；C 组没有共有种类。

关键词：土壤跳虫；群落结构；演替；乔木；落叶分解
中图分类号：Q968　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0454-6296（2001）02-0221-06

跳虫是落叶分解中最重要的功能群之一。在落叶分解过程中，微生物直接分解，跳虫则起着重要的间接作用。由于跳虫主要以植物碎屑和微生物为食，因此，它们可以通过咬碎落叶、取食并刺激微生物的活性来促进落叶的分解[1~3]。

跳虫的种类组成与植被、生境和食物源密切相关[4]。植被类型对跳虫群落结构的影响是由于落叶质地的不同所致。质地不同的落叶分解形成的腐殖质类型不同，跳虫的群落结构就不同[5]。另一方面，由于落叶在分解过程中质地发生变化，所以在其分解的不同阶段，跳虫的群落结构不同。

跳虫群落结构在落叶分解过程中的演替变化已有许多研究[4~7]，但不同生态系和植被间的比较性研究还很少。本研究旨在分析和比较青冈、马尾松和麻栎三种乔木在落叶分解过程中跳虫群落结构的演替变化。

1 材料与方法

1.1 采样点

位于浙江杭州北高峰灵隐保护区，海拔 350 m，雨量充沛，相对湿度大。土壤为红壤，

基金项目：国家自然科学基金资助项目（39670106）
收稿日期：1999-04-19；接受日期：2000-10-14

疏松，表面有10～15 cm的落叶层。植被为常绿、夏绿、针阔混交林，郁闭度0.9。主要树种为青冈 *Cyclobalanopsis glauca*、马尾松 *Pinus massoniana*、麻栎 *Quercus acutissima*、杉木 *Cunning hamia lanceolata*、青栲 *Cyclobalanopsis myrsinaefolia* 和石栎 *Lithocarpus glaber* 等。

1.2 研究方法

在落叶期（青冈为4月份，马尾松和麻栎为11月份）采集新鲜落叶，放入烘箱内烘干（80℃烘8 h），称取5 g烘干落叶装入20目尼龙网袋（15 cm×15 cm）。将网袋（300只）埋入落叶层下。每月取出10个网袋样品，从样品中分离出土壤跳虫并鉴定[8]。网袋内残留落叶放入烘箱内烘干后称重。共采样24次。

1.3 统计分析

土壤跳虫的群落结构用个体数（密度）、多样性、种类丰富度和均匀度来表示。多样性用Shannon-Wiener指数[9]，均匀度用Pielou[10]指数。

2 结果

2.1 落叶分解过程

三种乔木落叶分解过程中落叶残存量的变化如图1所示。青冈落叶分解过程可分为3个阶段：第1阶段为从落叶袋埋入土壤到第7个月，第2阶段为7到16个月，第3阶段为16到24个月。马尾松和麻栎落叶的残存量是均匀下降的，没有出现阶段性变化。

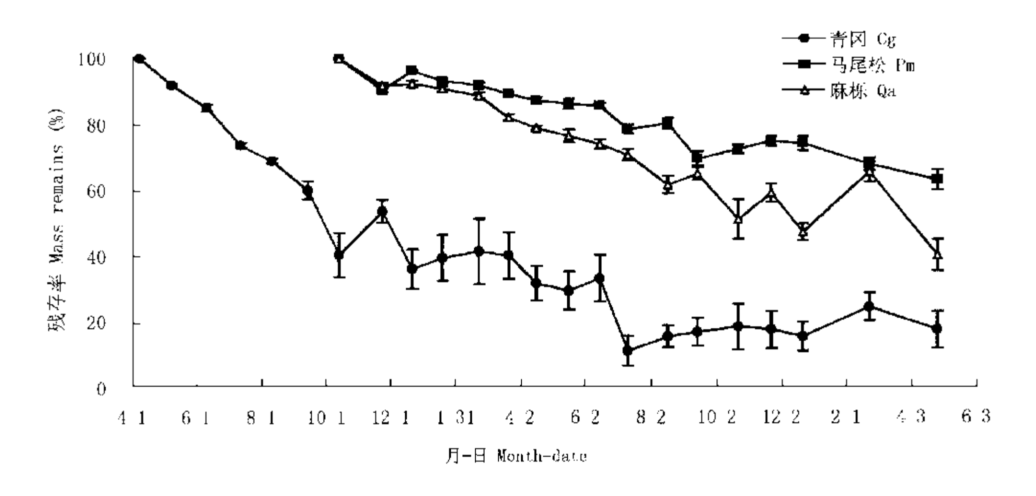


图1 落叶残存量的变化

Fig. 1 Changes in mass remains of leaf litter of *C. glauca* (Cg), *P. massoniana* (Pm) and *Q. acutissima* (Qa)

2.2 跳虫种类和数量

两年间3种乔木落叶袋中跳虫种类和平均密度如表1所示。3种落叶中均出现24种跳虫。在青冈林落叶中，优势种（超过总个体数的10%）3个，常见种（0.5%～10%）16个，稀少种（小于0.5%）5个；在马尾松落叶中，优势种3个，常见种13个，稀少种8个；在

表 1　3 种乔木落叶分解过程中跳虫种类、密度、百分率和集聚型

Table 1　Density，percentage and colonizing pattern of collembolan species during decomposing stage of leaf litter under 3 species of arbores

青冈 Cg				马尾松 Pm				麻栎 Qa			
种类 Species	集聚型① Colo patt	密度② Density	%	种类 Species	集聚型 Colo patt	密度 Density	%	种类 Species	集聚型 Colo patt	密度 Density	%
鳞䖴 *Tomocerus* sp.	A	951.1	13.5	微小䖴等 *I.　minor*	B	1120.0	26.0	铲圆䖴 *P.* sp	A	1235.6	18.8
萝卜拟䖴 *Onychiurus fimetarius*	C	942.2	13.4	萝卜拟䖴 *O.　fimetarius*	B	871.1	20.2	八眼符䖴 *F.　octoculatal*	B	1066.7	16.2
鳞长䖴 *Lepidocyrtus* sp.	A	897.8	12.7	拟裸长角䖴 *P.* sp.	B	657.8	15.3	符䖴 *P.* sp.	A	862.2	10.7
长角䖴 *Entomobrya* sp.	A	595.6	8.4	八眼符䖴 *F.　octoculata*	B	346.7	8.1	萝卜拟䖴 *O.　fimetarius*	B	702.2	10.7
微小等䖴 *Isotomiella mainor*	C	595.6	8.4	类符䖴 *F.　onychiurina*	B	293.3	6.8	拟裸长角䖴 *P.* sp.	B	542.2	8.3
类符䖴 *Folsomina onychiurina*	B	471.1	6.7	鳞长䖴 *L.* sp.	C	168.9	3.9	长角䖴 *E.* sp.	A	373.3	5.7
拟裸长角䖴 *Pseudosinella* sp.	B	444.4	6.3	等节䖴 *I.* sp.	A	142.2	3.3	微小等䖴 *I.　minor*	B	373.3	5.7
短角䖴 *Neelus* sp.	A	355.6	5.0	叶䖴 *L.* sp.	B	133.3	3.1	类符䖴 *F.　onychiurina*	B	337.8	5.1
等节䖴 *Isotoma* sp.	A	337.8	4.8	吉井氏土䖴 *T.　yosii*	B	106.7	2.5	鳞䖴 *T.* sp.	A	222.2	3.4
刺齿䖴 *A.* sp.	A	257.8	3.7	刺齿䖴 *A.* sp.	B	80.0	1.9	刺齿䖴 *A.* sp.	C	195.6	3.0
铲圆䖴 *P.* sp.	C	222.2	3.2	铲圆䖴 *P.* sp.	A	80.0	1.9	弯毛裸长角䖴 *S.　curviseta*	B	142.2	2.2
八眼符䖴 *Folsomia octoculata*	B	195.6	2.8	鳞䖴 *T.* sp.	A	71.1	1.7	叶䖴 *L.* sp.	C	88.9	1.4
球圆䖴 *Spheridia* sp.	A	186.7	2.6	奇䖴 *X.* sp.		44.4	1.0	鳞长䖴 *L.* sp.	C	80.0	1.2
杭州刺齿䖴 *Homidia hangzhouensis*	A	177.8	2.5	短角䖴 *N.* sp.		35.6	0.8	等节䖴 *I.* sp.	A	80.0	1.2
弯毛裸长角䖴 *Sinella curviseta*	C	133.3	1.9	球角䖴 *H.* sp.	B	35.6	0.8	杭州刺齿䖴 *H.　hangzhouensis*	A	80.0	1.2
吉井氏土䖴 *Tullbergia yosii*	B	80.0	1.1	弯毛裸长角䖴 *S.　curviseta*		26.7	0.6	短角䖴 *N.* sp.	B	71.1	1.1
具齿䖴 *Odontella* sp.		62.2	0.9	长角䖴 *E.* sp.	C	17.8	0.4	吉井氏土䖴 *T.　yosii*		35.6	0.5
叶䖴 *Lobella* sp.	C	44.4	0.6	杭州刺齿䖴 *H.　hangzhouensis*	A	17.8	0.4	球角䖴 *H.* sp.	B	35.6	0.5
奇䖴 *Xenylla* sp.	B	44.4	0.6	握角圆䖴 *S.* sp.	A	17.8	0.4	奇䖴 *X.* sp.	A	26.7	0.4
球角䖴 *Hypogastrura* sp.		26.7	0.4	球圆䖴 *S.* sp.	C	8.9	0.2	环角䖴 *P.* sp.	B	8.9	0.1
符䖴 *Paranura* sp.	A	17.8	0.3	具齿䖴 *O.* sp.	C	8.9	0.2	四齿䖴 *T.* sp.	A	8.9	0.1
环角䖴 *Ptenothrix* sp.	A	8.9	0.1	符䖴 *P.* sp.	B	8.9	0.2	握角圆䖴 *S.* sp.		0.2	0.0
四齿䖴 *Tetracanthera* sp.		0.2	0.0	环角䖴 *P.* sp.	C	8.9	0.2	球圆䖴 *S.* sp.		0.2	0.0
握角圆䖴 *Sminthurides* sp.		0.2	0.0	四齿䖴 *T.* sp.		0.2	0.0	具齿䖴 *O.* sp.		0.2	0.0

①在落叶分解前期（A），后期（B），整个分解期或仅在分解中期集聚　colonization during early（A），late（B）and long-term or only middle（C）stages of litter decomposition；②虫数/m^2　number of insects/m^2

麻栎落叶中，优势种 4 个，常见种 14 个，稀少种 6 个。总个体数依次为：青冈7 049.3/m^2，麻栎6 588.9/m^2，马尾松4 302.2/m^2。

2.3　跳虫种类集聚

依每种跳虫在落叶分解过程中集聚的时期，可将跳虫分为 3 组：A 组为落叶分解前期集聚的种类，多行地表生活，随着分解的进行，其密度逐渐下降；B 组为分解后期集聚的种类，

多生活在腐殖质中，随着分解的进行，其密度上升；C 组为在整个分解过程中都有发生或者仅在中间阶段集聚的种类。各种类的集聚型见表 1。A 组包含的种数：青冈 10 个，马尾松 5 个，麻栎 8 个；B 组：青冈 5 个，马尾松 10 个，麻栎 9 个；C 组：青冈和马尾松均为 5 个，麻栎 3 个。三种乔木在 A 组中共有的种类为鳞𧊕 *Tomocerus* sp.、等节𧊕 *Isotoma* sp. 和杭州刺齿𧊕 *Homidia hangzhouensis*；B 组共有种类为八眼符𧊕 *Folsomia octoculata*、拟裸长角𧊕 *Pseudosinella* sp. 和类符𧊕 *Folsomina onychiurina*；C 组没有共有的种类。

图 2 展示了 3 种乔木一些主要跳虫种类在落叶分解过程中的集聚型。

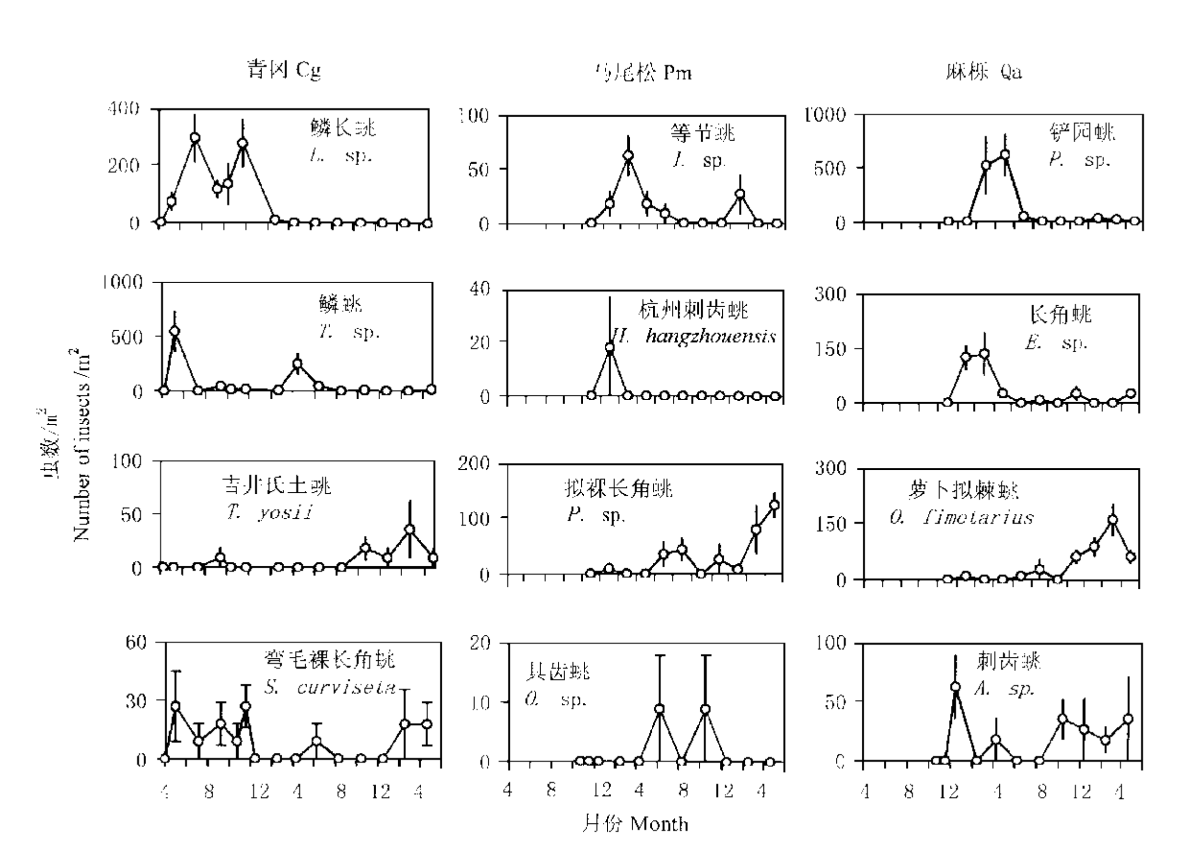


图 2　主要跳虫在 3 种乔木落叶分解过程中的集聚型

Fig. 2　Colonizing patterns of main collembolan species during decomposition of leaf litter under the three species of arbores

2.4　跳虫群落结构

3 种乔木落叶分解过程中跳虫密度、多样性指数、均匀度和种类丰富度的变化如图 3 所示。由于 94 年 8 月干旱，3 种乔木落叶中跳虫的密度、种数和多样性指数均在此时骤降，但 10 月份又迅速回升。青冈落叶中跳虫的多样性指数和均匀度都明显高于其它两种乔木落叶中的相应值。

3　讨论

由于马尾松和麻栎落叶期比青冈晚 6 个月，因此本实验对青冈的观察为 24 个月，而对马尾松和麻栎为 18 个月。青冈落叶分解经淋洗、养分固定和养分活化三个阶段，在第 1 阶段的 7 个月内，分解量达 60%，第 15 个月进入第 3 阶段，分解量超过 80% 并趋于稳定直到试验结束。马尾松和麻栎落叶分解均没有表现出阶段性变化，在 18 个月内，马尾松落叶分解 30%，麻栎分解 55%。这说明青冈落叶 24 个月的分解可以基本反映它的整个分解过程，而马尾松和麻栎 18 个月的分解还没有出现阶段性变化，或者说，可能还没有完成分解的第 1 阶段，它们的整个分解过程可能很长，需要进一步观察。

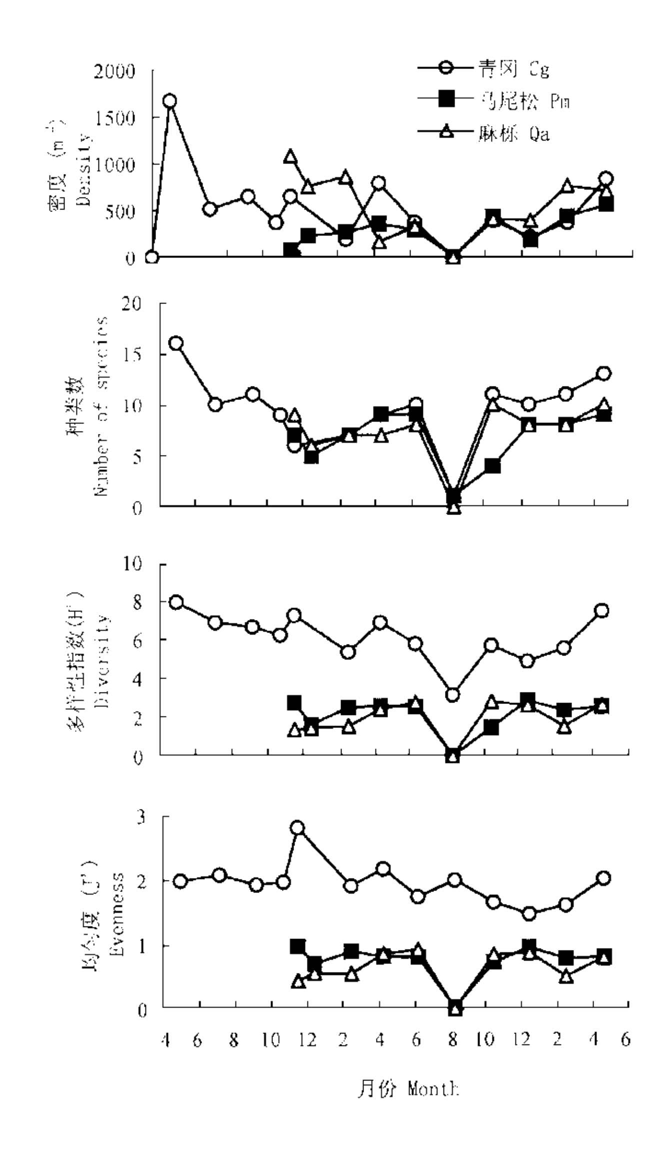


图 3　跳虫群落参数的变化

Fig. 3　Changes in parameters of collembolan community

跳虫的集聚型反映了其对变化着的生境和食物源的适应性。在落叶分解过程中，落叶组成成分的变化为跳虫提供质地不同的食物源和生境，这样，在落叶分解的不同阶段，适应生境和食物源的跳虫种类组成不同，从而，导致了跳虫群落的演替变化。在淋洗阶段，落叶质量损失主要源于落叶表面易溶物的淋洗作用和微生物对易分解化合物的分解作用，这个阶段出现的跳虫种类以取食微生物的为主，A 组的跳虫为此类。淋洗阶段过后，落叶木质部保护层外露，微生物难以继续分解，此时，跳虫首先撕开木质部层，然后微生物进入木质部层内部继续分解。这个时期集聚的跳虫多为植食或菌植兼食，为分解中较重要的功能群，B、C 组的跳虫为此类。

参　考　文　献（References）

[1]　Petersen H. A review of collembolan ecology in ecosystem context. Acta Zool. Fennica, 1992, 195: 111～118

[2] Seastedt T R. The role of microarthropods in decomposition and mineralization processes. Ann. Rev. Entomol., 1984, 29: 25～46
[3] Ai-Assiuty A I M, Bayoum B M, Khalil M A *et al*. The influence of vegetational type on seasonal abundance and species composition of soil fauna at different localities in Egypt. Pedobiologia, 1993, 37: 210～222
[4] Takeda H. Changes in the collembolan community during the decomposition of needle litter in a coniferous forest. Pedobiologia, 1995, 39: 304～317
[5] Ponge J F. Biocenoses of Collembola in Atlantic temperate grass-woodland ecosystems. Pedobiologia, 1993, 37: 223～244
[6] Hasegawa M, Hiroshi T. Changes in feeding attributes of four collembolan populations during the decomposition process of pine needles. Pedobiologia, 1995, 39: 155～169
[7] Takeda H. A 5 year study of pine needle litter decomposition in relation to mass loss and faunal abundances. Pedobiologia, 1988, 32: 221～226
[8] 尹文英等. 中国亚热带土壤动物. 北京：科学出版社，1992. 75～95
[9] 赵志模，郭依泉. 群落生态学原理与方法. 重庆：科学技术文献出版社重庆分社，1990. 200～203
[10] Pielou E C. The measurement of diversity in different types of biological collection. J. Theor. Biol., 1966, 13: 131～144

Succession of collembolan communities during decomposition of leaf litter under the three species of arbores

KE Xin, ZHAO Li-jun, YIN Wen-ying
(Shanghai Institute of Entomology, the Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200025, China)

Abstract: Changes in collembolan community structure were investigated respectively in the litter under the three species of trees, *Cyclobalanopsis glauca* (Cg), *Pinus massoniana* (Pm) and *Quercus acutissima* (Qa) in the same forest ecosystem during decomposition of the litter from April 1993 to April 1995. The decomposition process of Cg litter consisted of three phases: leaching phase, lasting from start of the experiment to the 7th month; immobilization phase, from 7th to 16th month; and mobilization phase, from 16th to 24th month. On the other hand, there were no such distinguishable phases during the observing period in both Pm and Qa litter. The greatest collembolan abundance and diversity index occurred in Cg litter. According to their occurring patterns during the litter decomposition, the collembolan species could be recognized as following three categories: the earlier colonizers (A), the later ones (B) and the long-term colonizers or those appeared only in the middle stage (C). *Tomocerus* sp., *Isotoma* sp. and *Homidia hangzhouensis* in the category A, and *Folsomia octoculata*, *Pseudosinella* sp. and *Folsomina onychiurina* in these litter category were shared by the 3 types of litter respectively. There were no common species in the category C.

Key words: Collembola; community structure; succession; arbore; litter decomposition